

Výpočet primárního napětí a proudu z měření na sekundární straně transformátoru

Jan Souček – 17.5.2016

Použitá zjednodušení:

Je použit jednofázový model transformátoru.

Impedance větví náhradního schématu jsou na sekundáru a na primáru stejné a jsou značeny ZV.

Příčná impedance náhradního schématu $Z_T \gg Z_V$.

Napětí, proud a výkon na sekundáru jsou určeny jako průměr z měřených dat ve všech třech fázích.

Vstupní data a pomocné výpočty:

U_{Pn} [V] – jmenovité fázové primární napětí (např. $22000/\sqrt{3}$)

U_{Sn} [V] – jmenovité fázové sekundární napětí (např. $400/\sqrt{3}$)

S_n [VA] – jmenovitý výkon transformátoru

P_0 [W] – ztráty naprázdno

P_k [W] – ztráty nakrátko

i_0 [-] – proud naprázdno

u_k [-] – napětí nakrátko

o [-] – odbočka

$U_S = (U_{S1} + U_{S2} + U_{S3})/3$ – průměrné sekundární napětí

$I_S = (I_{S1} + I_{S2} + I_{S3})/3$ – průměrný sekundární proud

$P_S = (P_{S1} + P_{S2} + P_{S3})/3$ – průměrný sekundární činný výkon

$Q_S = (Q_{S1} + Q_{S2} + Q_{S3})/3$ – průměrný sekundární jalový výkon

$IC = \text{sign}(P_S * Q_S)$ – induktivní či kapacitní odběr z transformátoru

$p = (1 + o) * U_{Pn}/U_{Sn}$ – převod transformátoru

Impedance náhradního schématu:

$$I_{Pn} = \frac{S_n}{3 * U_{Pn}}$$

$$I_0 = i_0 * I_{Pn}$$

$$U_k = u_k * U_{Pn}$$

$$\varphi_0 = \arccos \frac{P_0}{3 * U_{Pn} * I_0}$$

$$\varphi_k = \arccos \frac{P_k}{3 * U_k * I_{Pn}}$$

$$R_T = \frac{U_{Pn}}{I_0} * \cos \varphi_0$$

$$X_T = \frac{U_{Pn}}{I_0} * \sin \varphi_0$$

$$R_V = \frac{1}{2} * \frac{U_k}{I_{Pn}} * \cos \varphi_k$$

$$X_V = \frac{1}{2} * \frac{U_k}{I_{Pn}} * \sin \varphi_k$$

Primární proud a napětí:

$$\varphi = \arccos \frac{P_S}{U_S * I_S}$$

$$I_{S_re} = I_S * \cos\varphi$$

$$I_{S_im} = -IC * I_S * \sin\varphi$$

Komplexně:

$$I_P = \frac{I_S}{p} + \frac{U_S * p + I_S * Z_V / p}{Z_T}$$

$$U_P = U_S * p + \left(\frac{I_S}{p} + I_P \right) * Z_V$$

Reálná a imaginární část proudu:

$$I_{P_re} = \frac{I_{S_re}}{p} + \frac{U_S R_T * p + \frac{I_{S_re}}{p} (R_T R_V + X_T X_V) + \frac{I_{S_im}}{p} (R_V X_T - R_T X_V)}{R_T^2 + X_T^2}$$

$$I_{P_im} = \frac{I_{S_im}}{p} + \frac{-U_S X_T * p + \frac{I_{S_re}}{p} (R_T X_V - R_V X_T) + \frac{I_{S_im}}{p} (R_T R_V - X_T X_V)}{R_T^2 + X_T^2}$$

Absolutní hodnota fázového primárního proudu:

$$I_P = \sqrt{I_{P_re}^2 + I_{P_im}^2}$$

Reálná a imaginární část fázového primárního napětí:

$$U_{P_re} = U_S * p + \left(I_{P_re} + \frac{I_{S_re}}{p} \right) * R_V - \left(I_{P_im} + \frac{I_{S_im}}{p} \right) * X_V$$

$$U_{P_im} = \left(I_{P_re} + \frac{I_{S_re}}{p} \right) * X_V + \left(I_{P_im} + \frac{I_{S_im}}{p} \right) * R_V$$

Absolutní hodnota sdrúženého primárního napětí:

$$U_P = \sqrt{3} * \sqrt{U_{P_re}^2 + U_{P_im}^2}$$